



(19) **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 199 04 400 A 1**

(51) Int. Cl.⁷:
B 01 D 1/00
F 28 D 9/00

(21) Aktenzeichen: 199 04 400.7
(22) Anmeldetag: 4. 2. 1999
(43) Offenlegungstag: 10. 8. 2000

DE 199 04 400 A 1

(71) Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Autenrieth, Rainer, Dipl.-Ing., 71723 Großbottwar,
DE

(56) Entgegenhaltungen:
DE 44 26 692 C1
DE 197 47 034 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Vorrichtung zum Verdampfen und/oder Erhitzen eines Reaktand-Massenstroms

(57) Vorrichtung zum Verdampfen und/oder Erhitzen, insbesondere Überhitzen, eines flüssigen oder gasförmigen Reaktand-Massenstroms, mit einem Gehäuse, in dem eine Verdampfungs- und/oder Erhitzungseinheit aus einem an sich bekannten Wärmetauscher, welcher eine Anzahl von Strömungskanälen und zwischen den Strömungskanälen ausgebildeten Heizkanälen aufweist, angeordnet ist, wobei der Reaktand-Massenstrom über einen Einlaßkanal, insbesondere eine Lanze zum fein verteilten Einsprühen des Reaktand-Massenstroms in die Strömungskanäle einführbar, und über einen Gasauslaß für verdampftes oder überhitztes Gas auslaßbar ist, wobei die Strömungskanäle und/oder die Heizkanäle erste Bereiche mit einem relativ niedrigen, und zweite Bereiche mit einem relativ hohen Strömungswiderstand für den die Strömungskanäle durchströmenden Reaktand-Massenstrom bzw. ein die Heizkanäle durchströmendes Heizmedium aufweisen.

DE 199 04 400 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Verdampfen und/oder Erhitzen, insbesondere Überhitzen, eines Reaktand-Massenstroms nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In Gaserzeugungssystemen für mobile Anwendungen, beispielsweise in Verbindung mit Brennstoffzellen für Kraftfahrzeuge, werden üblicherweise zweistufige Verdampfereinheiten verwendet. Eine derartige zweistufige Verdampfereinheit ist aus der DE 44 26 692 C1 bekannt und besteht aus abwechselnd übereinandergestapelten Folien mit Wärmeträgerkanälen bzw. Reaktionskanälen.

Die Anforderungen an ein Gaserzeugungssystem für mobile Anwendungen sind neben einem kleinen Bauvolumen insbesondere auch eine hohe Dynamik. Aus diesem Grunde werden als Verdampfer Wärmetauscher mit sehr kleinen Strömungsquerschnitten verwendet, um die durch eine unterschiedliche Flüssigkeitsfüllhöhe bedingten Volumenänderungen zwischen Teillast und Vollast zu minimieren. Derartige feine Strukturen sind zwar vorteilhaft für die Dynamik des Gaserzeugungssystems, führen jedoch in der Dampfphase zu hoher Gasgeschwindigkeit und somit einem hohen Druckabfall. Aus diesem Grunde wird dem Verdampfer üblicherweise ein Überhitzer nachgeschaltet, der über zum Überhitzen geeignete größere Strömungsquerschnitte verfügt. Des weiteren erfordert die Verwendung eines derartigen bekannten Gaserzeugungssystems einen hochreinen Brennstoff, da es bedingt durch den vorstehend beschriebenen Aufbau mit sehr kleinen Strömungsquerschnitten bei Verunreinigungen im Brennstoff leicht zu Verstopfungen der Strömungskanäle und somit zu einem Ausfall des Systems kommen kann. Es wäre ferner wünschenswert, einen Verdampfer für ein Gaserzeugungssystem derart auszubilden, daß er nicht nur dazu geeignet ist, Flüssigkeit zu verdampfen, sondern auch Gas, welches beispielsweise über einen separaten Anschluß hinzugegeben wird, ebenfalls zu erhitzen. Dies ist bei der oben beschriebenen feinen Struktur herkömmlicher Ausführungsformen von Verdampfern nicht möglich.

Ein zusätzliches Problem tritt bei Verdampfern auf, welche unmittelbar über eine katalytische Verbrennung beheizt werden. Hier ist es notwendig bzw. wünschenswert, sowohl auf der Heiz- als auch auf der Verdampferseite des Wärmetauschers eine möglichst gute Gleichverteilung der Volumenströme zu erreichen. Üblicherweise werden zu diesem Zwecke Leitstrukturen im Eingangsbereich des Verdampfers eingesetzt, welche derart strukturiert sind, daß in einem möglichst großen Lastbereich eine gleichmäßige Verteilung der Gasströme bewerkstelligt wird. Zu diesem Zwecke werden beispielsweise, wie in der DE 197 47 034 beschrieben, Einrichtungen, insbesondere Lanzen zum fein verteilten Einsprühen des Reaktand-Massenstroms vorgesehen. Erfahrungsgemäß ist die Dimensionierung derartiger Leitstrukturen sehr schwierig durchzuführen, und in vielen Fällen wird eine akzeptable Gleichverteilung nur in einem geringen Lastbereich erzielt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer Vorrichtung zum Verdampfen und/oder Erhitzen eines flüssigen oder gasförmigen Reaktand-Massenstroms bei welcher eine möglichst gute Gleichverteilung der Gasströme durch die einzelnen Strömungskanäle/Heizkanäle eines Wärmetauschers erzielbar ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine sehr gute Gleichverteilung der Gasströme durch die jeweiligen Strömungskanäle bzw. Heizkanäle des verwendeten Wärmetau-

schers zur Verfügung gestellt. Hierdurch ist eine gegenüber dem Stand der Technik wesentlich bessere Ausnutzung des Wärmetauschers möglich. Ferner werden besonders heiße bzw. besonders kalte Bereiche, sogenannte "Hot Spots" bzw. "Cold Spots", innerhalb des Wärmetauschers, welche herkömmlicherweise auf Grund ungünstig durchströmter Wärmetauscherbereiche auftraten, vermieden. Es ist eine hohe Dynamik erzielbar, da bei Lastwechseln, etwa in der flüssigen Phase, keine Volumenänderungen auftreten. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, daß zur Gleichverteilung der Gasströme bestimmte Bereiche der Strömungskanäle des Wärmetauschers mit einem wesentlich höheren Strömungswiderstand ausgebildet sind als andere Bereiche der Strömungskanäle.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Zweckmäßigerweise erfolgt eine Beheizung der Heizkanäle des Wärmetauschers durch Verbrennung eines Heizmediums. Zu diesem Zwecke eignet sich insbesondere die Verbrennung von wasserstoffreichem Gas mit Sauerstoff, wobei vorteilhafterweise zur Unterstützung der Verbrennung eine geeignete katalytische Beschichtung der Heizkanäle vorgesehen ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind die Bereiche relativ hohen Strömungswiderstands durch Befüllung der Strömungskanäle und/oder der Heizkanäle mit einer gasdurchlässigen Flüssigkeit oder einem gasdurchlässigen Feststoff realisiert. Durch diese Maßnahme erreicht man in einfacher Weise eine gleichmäßige Strömung bzw. einen um ein Vielfaches höheren Strömungswiderstand bezüglich der Bereiche, welche keine derartigen Flüssigkeiten bzw. Feststoffe aufweisen.

Zweckmäßigerweise wird als gasdurchlässiger Feststoff ein Sintermetall verwendet. Derartige Metalle werden im allgemeinen durch Pressen von Pulver oder durch Spritzgießen von Mischungen aus Metallpulver und Kunststoff geformt. Neben der chemischen Zusammensetzung bestimmt der Porenanteil wesentlich die Eigenschaften des Sintermetalls. Aus Sintermetallen können in einfacher Weise kompliziert geformte Bauteile entweder einbaufertig oder mit nur geringer Nachbearbeitung in besonders wirtschaftlicher Weise hergestellt werden. Sie eignen sich daher insbesondere zur Befüllung von relativ engen Strömungskanälen und/oder Heizkanälen eines Wärmetauschers.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird als gasdurchlässiger Feststoff eine Schüttung eines in pulverförmiger bzw. körniger Form vorliegenden Werkstoffs verwendet. Derartige Schüttungen, beispielsweise Siedesteine, sind in sehr einfacher und preiswerter Weise einsetzbar.

Zweckmäßigerweise sind die Bereiche relativ hohen Strömungswiderstands wenigstens in dem stromabwärtigen Bereich des Wärmetauschers, insbesondere dem Auslaßbereich des Wärmetauschers, vorgesehen.

Es ist ferner möglich, die Bereiche relativ hohen Strömungswiderstands wenigstens im Einlaßbereich des Wärmetauschers vorzusehen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind die Bereiche relativ hohen Strömungswiderstands ausschließlich in den Strömungskanälen oder in den Heizkanälen des Wärmetauschers ausgebildet. Hierdurch ist in selektiver Weise lediglich eine der Wärmetauscherseiten, d. h. die Verdampferseite oder die Heizseite, mit der erfindungsgemäßen Maßnahme ausbildbar.

Zweckmäßigerweise weist die erfindungsgemäße Vorrichtung wenigstens einen mit dem Einlaßbereich des Wärmetauschers kommunizierenden Einlaßkanal für einen zu

überhitzenden gasförmigen Reaktand-Massenstrom auf. Durch diese Maßnahme ist in einfacher Weise eine Mehrfunktionalität der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Verfügung gestellt.

Die Erfindung wird nun anhand der beigelegten Zeichnung im einzelnen erläutert. In dieser zeigt

Fig. 1 eine seitliche Schnittdarstellung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Verdampfen und/oder Erhitzen, insbesondere Überhitzen, eines Reaktand-Massenstroms.

Die **Fig. 1** zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **10** zum Verdampfen und/oder Erhitzen bzw. Überhitzen eines Reaktand-Massenstroms.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung **10** der **Fig. 1** weist ein Gehäuse **12** auf, in dem eine Verdampfungs- und Erhitzungs- bzw. Überhitzungseinheit aus einem an sich bekannten Wärmetauscher **14** angeordnet ist. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Wärmetauscher **14** ein aus mehreren parallel zueinander angeordneten Platten **26** bestehender Plattenwärmetauscher. Im Innern der Platten **26** sind Heizkanäle **16** ausgebildet, während zwischen den Platten **26** Strömungskanäle **17** verlaufen.

Oberhalb des Wärmetauschers **14** ist als Einrichtung zum fein verteilten Einsprühen eines Reaktand-Massenstroms eine sich in das Gehäuse **12** hineinerstreckende Lanze **18** angeordnet. Die Lanze **18** ist im wesentlichen rohrförmig mit konisch zulaufender Spitze ausgebildet. Sie weist entlang ihrer Mantelfläche verteilt mehrere zu dem Wärmetauscher **14** weisende Austrittslöcher **20** auf. Die konisch zulaufende Spitze der Lanze **18** mündet gleichfalls in ein Austrittsloch **21**.

Auf der der Lanze **18** diagonal gegenüberliegenden Seite des Wärmetauschers **14** (in der Darstellung der **Fig. 1** unten) ist ein Gasauslaß **22** für überhitztes Gas vorgesehen. An der der Lanze **18** gegenüberliegenden Wandung des Gehäuses **12** ist es ferner möglich, einen (nicht dargestellten) Gaseinlaß vorzusehen, der beispielsweise im wesentlichen konzentrisch zu der Lanze **18** verlaufen kann und vor welchem eine Prallplatte (ebenfalls nicht dargestellt) angeordnet sein kann.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung **10** verfügt des weiteren über ein (nicht dargestelltes) Rohr zum Transport des Heizmediums in die Platten **26** bzw. die in diesen ausgebildeten Heizkanäle **16** des Wärmetauschers **14**.

Die Lanze **18** ist in einem in dem Gehäuse ausgebildeten Verteilerraum **32** angeordnet, der sich im wesentlichen konzentrisch zur Lanze **18** erstreckt.

Die stromabwärtigen bzw. ausgangsseitigen Abschnitte der Strömungskanäle **17** bzw. der Heizkanäle **16** sind jeweils mit einem geeigneten Sintermetall befüllt. Das Sintermetall der Strömungskanäle **17** ist hierbei schematisch mit Bezugsziffer **17a**, dasjenige der Heizkanäle mit **16a** bezeichnet. Es ist möglich, beide Kanalarten mit dem gleichem Sintermetall zu befüllen.

Die Befüllung der jeweiligen Kanäle **16**, **17** führt zu einer weitgehenden Gleichverteilung der jeweiligen Gasströme durch die Strömungskanäle **17** bzw. die Heizkanäle **16**. Dies sei anhand der Strömungskanäle im einzelnen erläutert: Durch die Befüllung mit Sintermetall ist der Strömungswiderstand der Strömungskanäle **17** im unteren Bereich wesentlich höher als im darüberliegenden eingangsseitigen Bereiche. Der wirksame Gasstrom, der durch die einzelnen Strömungskanäle **17** strömt ergibt sich in diesem Fall analog dem Stromfluß durch elektrische Widerstände, wobei die parallel zueinander angeordneten Strömungskanäle **17** parallel zueinander angeordneten Widerstandsketten entsprechen, welche jeweils einen ersten Widerstand R_1 und einen

zweiten Widerstand R_2 aufweisen. Hierbei entsprechen die Widerstände R_1 dem Strömungswiderstand der Strömungskanäle **17** im eingangsseitigen Bereich, und die Widerstände R_2 den Widerständen der Strömungskanäle **17** in ihren jeweils ausgangsseitigen Bereichen, d. h. den mit Sintermetall **17a** befüllten Bereichen. Wenn für die eingangsseitigen Widerstände R_1 der Strömungskanäle des Wärmetauschers **14** gilt, daß sie sich abhängig vom Lastpunkt (d. h. von der Gasströmung) stark unterscheiden ($R_1 = f(I)$) und gleichzeitig gilt $R_2 \gg R_1$ für alle Strömungskanäle **17**, so folgt, unter der Voraussetzung daß ein Austausch zwischen den einzelnen Strömungskanälen des Wärmetauschers nicht möglich ist, daß der Volumenstrom I durch die einzelnen Strömungskanäle nahezu gleich ist.

Es sei angemerkt, daß zur Erhöhung des Strömungswiderstandes in den ausgangsseitigen Bereichen der Strömungskanäle **17** diese auch mit Schüttungen, beispielsweise Siedesteinschüttungen, befüllt sein können. Als Siedesteine seien speziell Siliziumoxide genannt, welche gegenüber dem durchströmenden Gas (beispielsweise im Falle einer Reformierung, verdampftes Methanol-Wasser-Gemisch) inert sind und eine große Oberfläche aufweisen.

Auch den Heizkanälen **16** kann durch Vorsehen der Sintermetalle **16a** ein ähnliches Strömungswiderstandsverhalten vermittelt werden. Beispielsweise bei der Verbrennung von wasserstoffreichem Gas mit Sauerstoff (insbesondere unter Verwendung katalytisch beschichteter Heizkanäle) ist eine gleichmäßige Durchströmung der Heizkanäle erzielbar.

Im Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung **10** werden die Heizkanäle **16** des Wärmetauschers **14** durch Zufuhr von Heizmedium (wie erwähnt beispielsweise wasserstoffreiches Gas mit Sauerstoff) aufgeheizt. Das Heizmedium kann insbesondere durch eine geeignete Ableitung wieder aus den Heizkanälen austreten und bildet vorteilhafterweise einen geschlossenen Kreislauf.

Über die Lanze **18** wird der flüssige Reaktand-Massenstrom in das Gehäuse **12** eingeleitet. Die Einleitung erfolgt durch die Austrittslöcher **20**, **21** der Lanze **18** als feinverteiltes Einsprühen in den Verteilerraum **32**, von dem aus eine Verteilung der Flüssigkeit in die durch den Wärmetauscher gebildete Verdampfungs- und Überhitzungszone des Wärmetauschers **14** erfolgt. Die zu verdampfende Flüssigkeit kann somit sprühnebelartig aus den Austrittsöffnungen **20**, **21** der Lanze **18** austreten und sich gleichmäßig im Inneren des Gehäuses **12** verteilen.

Die feinen Flüssigkeitspartikel werden sehr schnell verdampft, und es entsteht ein zum Gasauslaß **22** gerichteter schneller Dampfstrom. Flüssigkeitstropfen, die sich an kühleren Stellen des Wärmetauschers **14** bilden würden, werden von diesem Dampfstrom mitgerissen und gegen heiße Oberflächen des Wärmetauschers **14** geschleudert. Im übrigen läßt sich durch die erfindungsgemäße mögliche Gleichverteilung der Gasströme eine bessere Ausnutzung des Wärmetauschers erzielen, wodurch die Bildung von "Hot Spots" oder "Cold Spots" gegenüber herkömmlichen Wärmetauschern stark vermindert ist. Insgesamt ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine gute Tropffreiheit innerhalb des Gehäuses **12** und somit ein hoher Wirkungsgrad des Wärmetauschers **14** gewährleistet.

Auf Grund der feinen Einsprühung der zu verdampfenden Flüssigkeit in die erfindungsgemäße Vorrichtung bildet sich in deren Inneren auch kein Flüssigkeitsspiegel, so daß die Vorrichtung über eine hohe Dynamik verfügt. Für Anwendungen, bei welchen es lediglich auf eine möglichst gute Gleichverteilung der Ströme innerhalb des Wärmetauschers ankommt, ist es ebenfalls möglich, auf die Lanze **18** zu verzichten.

Da die erfindungsgemäße Vorrichtung auf Grund ihres

Aufbaus auch zur reinen Erhitzung bzw. Überhitzung eines bereits in der Gasphase vorliegenden Reaktanden geeignet ist, kann die erfindungsgemäße Vorrichtung zusätzlich einen Gaseinlaß aufweisen, welcher in der Fig. 1 jedoch nicht dargestellt ist. Der Gaseinlaß kann insbesondere an der der Lanze 18 gegenüberliegenden Wandung des Gehäuses angeordnet sein und sich im wesentlichen konzentrisch zur Lanze 18 erstrecken. Zweckmäßigerweise ist in diesem Falle ferner im Bereich der Mündung des Gaseinlasses eine Prallplatte vorgesehen. Somit kommt der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Zusatzfunktion zu, da sowohl flüssige als auch gasförmige Reaktanden zugeleitet und in den überhitzten Zustand versetzt werden können. Das jeweils entstandene überhitzte Gas wird über den Gasauslaß 22 als gemeinsamen Auslaß abgeführt.

Der Gaseinlaß kann ebenfalls in derselben Wandung des Gehäuses 12 wie die Lanze 18 angeordnet sein. In diesem Falle bietet es sich an, die Lanze 19 im Innern des mit einem größeren Durchmesser ausgebildeten Gaseinlasses zu führen.

Das Gehäuse 12 der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in der Praxis aus einer Mehrzahl von dicht abschliessenden, parallel aufeinander gelegten preßgeformten Blechplatten geformt. Der Wärmetauscher 14 kann hierbei auf einem in das Gehäuse 12 eingebrachten Halteblech 30 befestigt sein.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich insbesondere als Verdampfer für ein Reformierungs- bzw. Brennstoffzellensystem. Als besonders vorteilhaft erweist sich, daß drei Funktionen, nämlich Verdampfungsfunktion, Überhitzungsfunktion, sowie Gaserhitzungsfunktion in einem Bauteil integrierbar sind. Die erfindungsgemäße Vorrichtung erweist sich als relativ unempfindlich gegenüber verschmutzten Reaktanden bzw. Treibstoffen. Sie weist eine hohe Dynamik auf, da bei Lastwechseln in der flüssigen Phase keine Volumenänderungen auftreten. Die erfindungsgemäße Vorrichtung gestattet einen modularen Aufbau, beispielsweise kann die als Verdampfer eingesetzte Vorrichtung in den gleichen Wärmetauscher integriert werden, wie ein Reformier oder CO-Oxidator.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist der Fachmann in der Lage, weitere, den Erfindungsgedanken verwirklichende Ausgestaltungen zu schaffen. So ist es beispielsweise möglich, anstatt eines Plattenwärmetauschers andere an sich bekannte Wärmetauscher zu verwenden, wie beispielsweise einen Rohrwärmetauscher. Des weiteren muß der Gasauslaß nicht notwendigerweise unterhalb des Wärmetauschers angeordnet sein, sondern kann auch in anderen strömungsgünstigen Bereichen des Gehäuses der Vorrichtung angeordnet sein. Zur Erzielung eines besonders breiten Dynamikbereiches der Verdampferleistung können mehrere, in dem Gehäuse verteilt angeordnete Einsprüh-Lanzen vorgesehen werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich insbesondere zur Verwendung in einem integrierten Gaserzeugungssystem für Brennstoffzellen für mobile Anwendungen.

Patentsprüche

1. Vorrichtung zum Verdampfen und/oder Erhitzen, insbesondere Überhitzen, eines flüssigen oder gasförmigen Reaktand-Massenstroms, mit einem Gehäuse (12), in dem eine Verdampfungs- und/oder Erhitzungseinheit aus einem an sich bekannten Wärmetauscher (14), welcher eine Anzahl von Strömungskanälen und zwischen den Strömungskanälen (17) ausgebildeten Heizkanälen (16) aufweist, angeordnet ist, wobei der Reaktand-Massenstrom über einen Einlaßkanal, insbe-

sondere eine Lanze (18) zum fein verteilten Einsprühen des Reaktand-Massenstroms in die Strömungskanäle (17) einführbar, und über einen Gasauslaß (22) für verdampftes oder überhitztes Gas auslaßbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungskanäle (17) und/oder die Heizkanäle (16) erste Bereiche mit einem relativ niedrigen, und zweite Bereiche mit einem relativ hohen Strömungswiderstand für den die Strömungskanäle (17) durchströmenden Reaktand-Massenstrom bzw. ein die Heizkanäle (16) durchströmendes Heizmedium aufweisen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizkanäle (16) mittels Verbrennung, insbesondere katalytischer Verbrennung, des durchströmenden Heizmediums beheizbar sind.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bereiche relativ hohen Strömungswiderstands durch Befüllung der Strömungskanäle (17) bzw. der Heizkanäle (16) jeweils mittels einer gasdurchlässigen Flüssigkeit oder eines gasdurchlässigen Feststoffes (17a, 16a) realisiert sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der gasdurchlässige Feststoff jeweils ein Sintermetall (17a, 16a) ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der gasdurchlässige Feststoff jeweils eine Schüttung eines im wesentlichen in pulverförmiger bzw. körniger Form vorliegenden Werkstoffs, insbesondere eine Schüttung von Siedesteinen, ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bereiche relativ hohen Strömungswiderstands wenigstens im stromabwärtigen Bereich des Wärmetauschers (14), insbesondere im Auslaßbereich des Wärmetauschers (14) vorgesehen sind.

7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bereiche relativ hohen Strömungswiderstands wenigstens im Einlaßbereich des Wärmetauschers (14) vorgesehen sind.

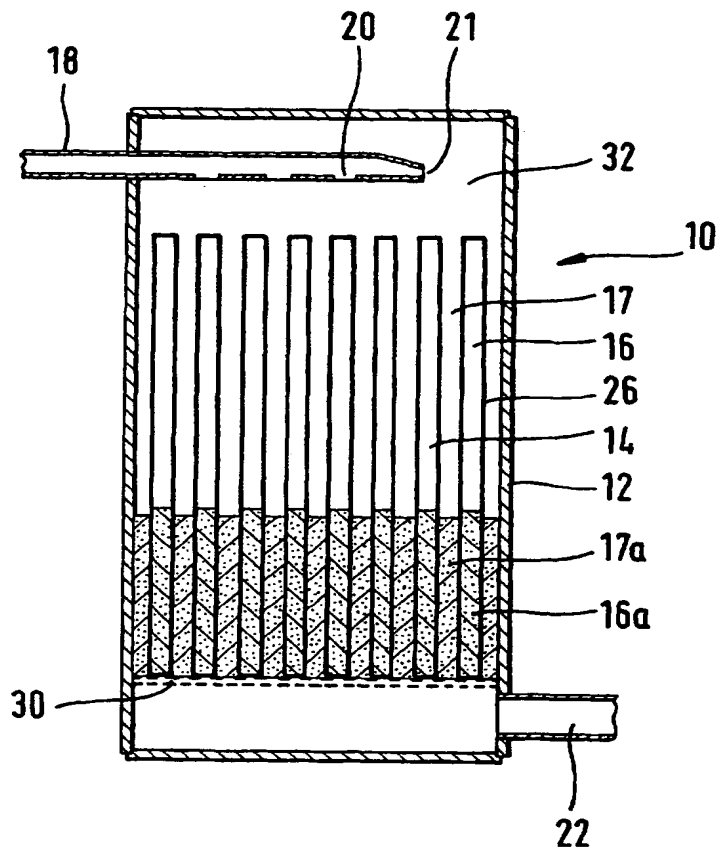
8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bereiche relativ hohen Strömungswiderstands ausschließlich in den Strömungskanälen (17) oder in den Heizkanälen (16) ausgebildet sind.

9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet, durch einen mit dem Einlaßbereich des Wärmetauschers (14) kommunizierenden Einlaßkanal für einen zu überhitzenden gasförmigen Reaktand-Massenstrom.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY



BEST AVAILABLE COPY